

Sains Malaysiana 47(11)(2018): 2601–2608
<http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2018-4711-02>

Ketoksikan Akut Arsenik, Kromium dan Selenium terhadap Moluska Air Tawar di Malaysia; *Filopaludina sumatrensis* dan *Corbicula fluminea*

(Acute Toxicity of Arsenic, Chromium and Selenium to Malaysian Freshwater Molluscs; *Filopaludina sumatrensis* and *Corbicula fluminea*)

NURUL AKHMA ZAKARIA* & AHMAD ABAS KUTTY

ABSTRAK

Masalah pencemaran sumber air tawar dan kesan ketoksikan logam telah mendapat perhatian di serata negara. Dua spesies organisma air tawar daripada filum moluska *Filopaludina sumatrensis* dan *Corbicula fluminea* didedahkan kepada tiga logam terpilih iaitu arsenik (As) kromium (Cr) dan selenium (Se) pada kepekatan berbeza selama 96 jam di dalam makmal terkawal. Kadar kematian dinilai serta kepekatan kematian median (LC50) dan masa kematian median (LT50) dihitung. Nilai LC50 dan LT50 didapati menurun dengan pertambahan masa dan kepekatan pendedahan bagi kedua-dua spesies dan kesemua logam. Keputusan daripada kajian ini memperlihatkan ketoksikan logam As, Cr dan Se semakin meningkat dengan peningkatan kepekatan dan masa pendedahan logam kepada *F. sumatrensis* dan *C. fluminea*. Nilai LC50 96 jam As, Cr dan Se bagi *F. sumatrensis* adalah 4.22, 3.78 dan 45.92 mg/L dan 11.84, 2.23 dan 35.63 mg/L masing-masing bagi *C. fluminea*. Keputusan menunjukkan Cr adalah logam paling toksik terhadap *F. sumatrensis* dan *C. fluminea*. Trend ketoksikan logam bagi kedua-dua moluska ini adalah sama iaitu $Cr > As > Se$.

Kata kunci: Arsenik; ketoksikan akut; kromium; moluska; selenium

ABSTRACT

Issues of freshwater pollution and metal toxicity has been gaining concern throughout the country. Two freshwater molluscs, *Filopaludina sumatrensis* and *Corbicula fluminea* were exposed to a range of three metals (arsenic (As), chromium (Cr) and selenium (Se)) at varied concentrations for 96 h in the controlled laboratory conditions. Mortality was assessed and median lethal concentrations (LC50) and median lethal times (LT50) were calculated. It was observed that both LC50 and LT50 values increased with a decrease in mean exposure concentrations and times, for both species and all metals. Toxicity of As, Cr and Se increased with times and exposure concentrations for both *F. sumatrensis* and *C. fluminea*. The 96 h LC50 values for As, Cr and Se were 4.22, 3.78 and 45.92 mg/L for *F. sumatrensis* and 11.84, 2.23 and 35.63 mg/L for *C. fluminea*, respectively. The results indicated that Cr was the most toxic metal to both *F. sumatrensis* and *C. fluminea*. The metal toxicity trend for both molluscs from most to least toxic was $Cr > As > Se$.

Keywords: Acute toxicity; arsenic; chromium; molluscs; selenium

PENGENALAN

Pada masa kini, isu pencemaran sistem akuatik dengan logam sudah tidak asing lagi diperkatakan di akhbar, televisyen dan media sosial. Akumulasi logam ke tahap yang merbahaya dalam sistem biota akuatik menjadi isu yang hangat dibincangkan dan mendapat perhatian secara global (Tsangaris et al. 2007). Masalah pencemaran logam dalam ekosistem air tawar telah menjadi isu hangat yang sentiasa berlaku semenjak era perindustrian dahulu bermula, bahkan kini isu ini sering mendapat perhatian di serata negara. Logam dibebaskan ke dalam persekitaran akuatik melalui dua sumber iaitu secara semula jadi atau secara antropogenik. Logam mempunyai kecenderungan untuk mengumpul dalam sedimen dan dilepaskan ke dalam air bergantung kepada keadaan persekitaran kemudian memasuki rantai makanan dan seterusnya boleh membahayakan kesihatan manusia (Shrivastava et al. 2003). Logam yang dilepaskan ke dalam ekosistem

akuatik akan terikat dengan zarah-zarah dan kemudian termendap dalam sedimen. Sedimen boleh bertindak balas sebagai satu takungan pencemaran logam dan logam akan memasuki sistem akuatik melalui proses penyerapan dan diambil oleh tumbuhan makrofit berakar (Prasad et al. 2006). Antara bahan pencemar yang wujud dalam ekosistem, logam merupakan bahan pencemar yang paling merbahaya disebabkan sifatnya yang kekal dan kumulatif (Sangeeta 2012). Kehadiran logam dalam ekosistem akuatik berupaya memberikan kesan yang serius kepada alam sekitar (Begum et al. 2013). Oleh sebab yang demikian, ketoksikan logam dalam ekosistem akuatik ini telah menimbulkan kebimbangan terhadap kesihatan manusia sejak bertahun-tahun dahulu malahan sehingga kini.

Pada peningkatan populasi dan aktiviti manusia serta perindustrian memberi kesan kepada kenaikan paras logam dalam sumber air yang seterusnya turut mengancam

biota akuatik termasuk kesihatan manusia (Voigt et al. 2014). Sebagai salah sebuah negara membangun di Asia Tenggara, Malaysia tidak terkecuali dan menghadapi pencemaran logam dalam ekosistem akuatik. Menurut Laporan Kualiti Alam Sekitar Malaysia (2016), kualiti air sungai yang ditentukan daripada segi Indeks Kualiti Air (WQI) telah menunjukkan penurunan pada tahun 2016 berbanding tahun 2015. Peratusan sungai yang dikelaskan sebagai tercemar meningkat daripada 7% kepada 10%, sungai yang dikelaskan sebagai sederhana tercemar turut meningkat iaitu daripada 35% kepada 43% serta sungai bersih menurun daripada 58% pada tahun 2015 kepada 47% pada tahun 2016. Suatu pendekatan yang lebih proaktif perlu diambil bagi memelihara dan memantau kualiti air tawar di Malaysia pada masa akan datang agar lebih terpelihara. Selain analisis logam dalam air, juga penting untuk mengenal pasti lanjutan pengaliran logam dalam biota dan mempertimbangkan kesannya terhadap rantai makanan dan kesan terhadap kesihatan manusia. Ini adalah kerana, penilaian kepekatan logam dalam air dan sedimen sahaja boleh mengakibatkan sesuatu keputusan yang kurang tepat dibuat berkaitan penilaian kualiti air tawar (Voigt et al. 2014). Penggunaan tindak balas biologi untuk menilai dan memantau kualiti badan air mempunyai kelebihan mengintegrasikan tindak balas organisma terhadap pelbagai kesan logam dan interaksi dengan faktor persekitaran di semua jalan pendedahan. Oleh yang demikian, kajian ketoksikan berkaitan organisma akuatik telah menjadi salah satu cabang yang diberi penekanan dalam kajian yang melibatkan pencemaran air. Terdapat dua kategori kesan toksik dalam kajian toksikologi iaitu ketoksikan akut dan ketoksikan kronik (Mason 1991). Menurut Mance (1987), ujian ketoksikan akut merupakan kajian yang melibatkan penggunaan organisma hidup bagi menentukan kesan toksik sesuatu sebatian kimia atau beberapa sebatian dibawah keadaan terkawal dalam suatu jangka masa yang pendek. Ujian ketoksikan ini merupakan salah satu keadah ketoksikan yang memberikan maklumat tentang kematian relatif organisma yang didedahkan kepada sesuatu bahan pencemar. Ujian ini direka bentuk bagi mengesan kepekatan logam berat yang dapat memberikan kesan ketoksikan kepada organisma kajian dalam bentuk peratusan kematian. Ujian ini juga dapat menilai kepekatan relatif bagi spesies organisma akuatik yang berlainan dalam keadaan yang berbeza suhu dan pH. Selain daripada itu, ujian ini sangat berguna bagi menganggarkan ketoksikan keseluruhan dan menilai ketoksikan relatif bagi bahan kimia berbeza terhadap organisma akuatik dalam kajian. Dapatan daripada ujian ini boleh digunakan untuk menentukan had kepekatan yang boleh diterima bagi pendedahan jangka masa pendek (Buikema et al. 1982).

Dalam kajian ini, dua spesies organisma air tawar terpilih yang digunakan adalah daripada filum moluska iaitu *F. sumatrensis* dan *C. fluminea*. *F. sumatrensis* diklasifikasi dalam kelas Gastropoda, subkelas Prosobranchia, order Architaenioglossa dan famili Viviparidae. Taburan spesies ini meliputi negara-negara di Asia Tenggara seperti

Kemboja, Vietnam, Thailand, Indonesia, Singapura dan Malaysia (Köhler et al. 2012). *C. fluminea* merupakan bivalva air tawar yang berasal dari Asia dan telah membanjiri beberapa ekosistem air tawar yang lain di seluruh dunia seperti di Amerika Utara dan Eropah (Elliott & zu Ermgassen 2008; Simard et al. 2012). Dalam sesetengah ekosistem seperti di kawasan pasang surut tanah bencah (muara Sungai Minho), spesies ini menunjukkan kadar pembiakan yang tinggi sejak beberapa dekad yang lalu sehingga mencecah kepadatan biojisim yang tinggi serta telah mengubah fungsi ekosistem (Ilarri et al. 2014; Sousa et al. 2008). *C. fluminea* merupakan bivalva air tawar yang berasal dari Asia dan telah membanjiri beberapa ekosistem air tawar yang lain di seluruh dunia seperti di Amerika Utara dan Eropah (Elliott & zu Ermgassen 2008; Simard et al. 2012). Moluska telah lama dianggap sebagai bioindikator dalam kajian pemantauan kualiti air. Mereka muda didapati dengan banyak di dalam ekosistem terestrial dan akuatik, sangat bertolak ansur dengan banyak bahan pencemar dan mempamerkan akumulasi tinggi, terutamanya logam berat (Gärdenfors et al. 1988; Lau et al. 1998). Moluska mempunyai struktur badan yang fleksibel dan dapat menyesuaikan diri di pelbagai habitat (Solem 1974). Semenjak beberapa dekad yang lepas, moluska menjadi organisma biomonitor yang semakin popular untuk permonitoran logam atas banyak sebab (Hung et al. 2001). Organisma dalam kumpulan ini memenuhi kriteria sebagai organisma bioindikator yang baik kerana bersifat sedentri, kelimpahan yang tinggi, hidup lama, mempunyai tisu yang cukup untuk analisis, penyaring makanan, mengumpul logam melalui makanan dan air (Huang et al. 2007). Bivalva merupakan organisma akuatik yang terdapat secara banyak di dalam air tawar dan laut. Ia juga telah dicadangkan sebagai indeks pencemaran yang ideal dalam ekosistem akuatik kerana taburannya yang luas, penduduk yang luas, bersifat sedentri dan kemampuan untuk mengumpul bahan pencemar (El-Shenawy 2004). Selain itu, haiwan ini menutup cangkang untuk tempoh masa yang panjang sebagai kelakuan melarikan diri dan mengecualikan diri mereka dari persekitaran luar apabila terdedah kepada sesuatu pencemaran (Kadar et al. 2001). Hanya terdapat sebahagian kecil kajian menggunakan spesies *F. sumatrensis* terhadap ketoksikan logam berat (Intamat et al. 2017; Sriuttha et al. 2016) manakala penggunaan *C. fluminea* dalam kaedah pemantauan kualiti air semakin berkembang dengan pesat di banyak negara (Baudrimont et al. 1997; Graney et al. 1984; Guo & Feng 2018; Zuykov et al. 2013). Walau bagaimanapun, penggunaan spesies daripada filum moluska ini masih kurang diberi perhatian oleh para penyelidik di Malaysia. Oleh sebab yang demikian, matlamat kajian ini adalah untuk menentukan ketoksikan akut dan sensitiviti dua moluska air tawar tempatan, *F. sumatrensis* dan *C. fluminea*, kepada tiga logam (As, Cr and Se) di makmal. Keputusan daripada kajian boleh digunakan untuk memahami dan membuat keputusan yang lebih baik apabila berhadapan dengan masalah pencemaran logam berat dalam ekosistem air tawar di Malaysia khususnya.

BAHAN DAN KAEDAH

Sampel *F. sumatrensis* (siput) disampel di Alur Ilmu UKM, manakala *C. fluminea* diperolehi daripada persampelan di sepanjang Sungai Congkak, Hulu Langat Selangor. Semasa persampelan, penyuak digunakan dan dimasukkan ke dalam baldi berisi air. Pemilihan siput yang dewasa dilakukan di makmal dan kemudian diletakkan ke dalam akuarium 50 L berisi air paip nyaklorin dan diaklimasi di dalam makmal dengan keadaan terkawal iaitu suhu 28-30°C, pencahayaan 12 jam terang dan 12 jam gelap menggunakan lampu floresen selama seminggu. Organisma kajian ini diberi makan salad atau daun kubis sepanjang proses aklimasi yang dijalankan selama sekurang-kurangnya seminggu. Bagi memastikan kualiti akuarium berada dalam keadaan baik, ia dilengkapi dengan sistem penapisan dan pengudaraan. Bekalan oksigen juga dibekalkan bagi menyediakan kandungan oksigen terlarut yang secukupnya kepada organisma kajian. Parameter pH air juga dikawal agar sentiasa berada dalam julat 6 hingga 7 supaya keadaan air tidak terlalu berasid mahupun beralkali yang boleh menjejaskan organisma kajian. Organisma kajian yang mati semasa proses aklimasi dikeluarkan dengan serta merta agar tidak menjejaskan kualiti air dan juga organisma kajian yang masih hidup. Kedua-dua spesies ini digunakan adalah pada peringkat dewasa dan julat saiz adalah 1.8 cm hingga 2.2 cm (berat basah 1.32 - 2.78 g) bagi *F. sumatrensis* dan 1.8 cm hingga 2.5 cm (berat basah 2.60 - 2.90 g) bagi *C. fluminea*.

Larutan stok logam disediakan dengan melarutkan garam logam ke dalam 1000 mL kelalang volumetrik dengan air nyahion menjadikan kepekatan larutan 1000 mg/L. Garam ditimbang dengan menggunakan bot penimbang plastik. Berat setiap garam adalah 1.734 g bagi garam *sodium (meta) arsenite* (NaAsO_2), garam *sodium selenite* (Na_2SeO_3) 2.190 g dan garam *potassium dichromate* ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 5.658 g. Kelalang volumetrik ini digoncang untuk melarutkan kesemua garam dan disimpan pada suhu bilik. Semasa ujian penentuan julat kepekatan, sebanyak lima ekor organisma diletakkan secara rawak di dalam sebuah bikar dan dua replikasi dilakukan pada kepekatan 0.1, 1, 10, 100 dan 1000 mg/L bagi setiap logam. Hasil daripada itu, lima kepekatan bagi setiap logam dipilih untuk analisis ketoksikan akut bagi *F. sumatrensis* iaitu As (1, 18, 32, 56 dan 100 mg/L), Se (10, 18, 32, 56 dan 100 mg/L) dan Cr (1, 5.6, 10, 32 dan 65 mg/L), manakala As dan Cr (1, 1.8, 3.2, 5.6 dan 10 mg/L) serta Se (10, 18, 32, 56 dan 100 mg/L) bagi *C. fluminea*.

Ujian ketoksikan statik dijalankan selama 4 hari (96 jam) dengan pembaharuan larutan dilakukan setiap 2 hari bagi mengekalkan kepekatan larutan logam. Sepanjang ujian ketoksikan ini, organisma kajian tidak diberi makan bagi mengawal jumlah kandungan logam yang diserap oleh organisma kajian. Sebanyak dua puluh ekor organisma bagi setiap spesies digunakan untuk setiap kepekatan dan secara keseluruhan 320 ekor termasuk kawalan telah digunakan dalam uji kaji ini. Organisma kajian dimasukkan ke dalam bikar kaca 500 mL (Schott Duran) yang mengandungi

400 mL air nyahklorin dan larutan stok logam dan setiap kepekatan mempunyai lima replikasi. Organisma kajian disauk dengan penyauk kecil dan dimasukkan dengan segera ke dalam bikar bagi mengurangkan tekanan. Bilangan kematian direkodkan setiap 3 jam pada dua hari pertama dan setiap 4 jam pada hari seterusnya hingga 96 jam. Organisma yang mati semasa ujian ketoksikan dikeluarkan dengan segera agar tidak menjejaskan organisma kajian yang masih hidup. Kriteria bagi mengenal pasti kematian organisma kajian apabila tiada respon terhadap pergerakan operkulum. Namun, bagi memastikan kematian organisma kajian tersebut, ia segera dikeluarkan daripada bikar dengan menggunakan forsep plastik agar tidak mencederakan cengkerang dan diletakkan di dalam piring petri yang berisi air larutan logam yang sama. Ini kerana kedua-dua organisma ini melindungi dirinya dengan memasukkan dirinya ke dalam cengkerang. Setiap dua hari, parameter kualiti air (pH, kekonduksian dan oksigen terlarut) diukur mengikut prosedur piawai (APHA 2005) menggunakan meter Hydrolab Quanta® dan sampel keliatan air juga diambil dan diukur menggunakan Spektrometer Plasma Gandingan Aruhan (ICP-MS Perkin Elmer®, Elan DRC 9000). Sebanyak 30 mL sampel larutan bagi setiap pendedahan diambil sebelum dan selepas diperbaharui dan diawet dengan 2% asid nitrik (Aristar® 65%) dan seterusnya dianalisis menggunakan Spektrometer Plasma Gandingan Aruhan dengan tujuh larutan piawai digunakan dalam proses kalibrasi iaitu 10, 30, 50, 100, 250, 500 dan 1000 µg/L.

Bagi mengelakkan sebarang kontaminasi, semua alat dan radas uji kaji direndam dalam rendaman asid (20% HNO_3) dan dibilas menggunakan air nyahion. Ketepatan analisis juga dilakukan dengan mengukur larutan piawai setelah sepuluh sampel dianalisis dan nilai yang diperolehi adalah dalam julat 10% nilai piawai. Penentuan bagi kepekatan maut median (LC_{50}) dan masa maut median (LT_{50}) bagi organisma kajian yang telah didedahkan kepada kesemua logam dihitung dan dibandingkan dengan menggunakan program FORTAN yang menggunakan kaedah probit oleh Litchfield (1949) dan Litchfield dan Wilcoxon (1949).

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Bagi analisis data, nilai kepekatan logam yang diukur digunakan berbanding nominal dalam semua analisis seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2. Purata parameter kualiti air yang diambil semasa uji kaji berlangsung adalah pH 6.51 ± 0.01 , kekonduksian 244.3 ± 0.6 µS/cm, oksigen terlarut 6.25 ± 0.06 mg/L dan keliatan air (Mg^{2+} dan Ca^{2+}) 15.63 ± 2.74 mg/L CaCO_3 . Sembilan puluh peratus organisma kajian dalam bikar kawalan didapati hidup sehingga akhir eksperimen. Jadual 1 dan 2 menunjukkan nilai kepekatan kematian median (LC_{50}) dan masa kematian median (LT_{50}) bagi *F. sumatrensis* dan *C. fluminea* terhadap pendedahan As, Cr dan Se. Nilai LC_{50} dan LT_{50} didapati menurun dengan pertambahan masa dan kepekatan pendedahan bagi ketiga-tiga jenis

JADUAL 1. Masa kematian median (LC50) bagi *F. Sumatrensis* dan *C. fluminea* bagi masa pendedahan berbeza terhadap As, Cr dan Se

Masa (Jam)	LC50 As (mg/L)	95% Aras keyakinan	LC50 Cr (mg/L)	95% Aras keyakinan	LC50 Se (mg/L)	95% Aras keyakinan
<i>F. sumatrensis</i>						
24	29.68	36.05-23.39	27.81	36.73-19.00	80.83	106.96-67.33
48	6.23	8.07-4.81	17.92	20.31-15.81	69.84	87.54-58.51
72	4.56	Na	7.11	9.97-4.74	50.67	60.89-42.54
96	4.22	Na	3.78	5.17-2.76	45.92	57.60-37.27
<i>C. fluminea</i>						
24	Na	Na	19.52	282.75-10.92	Na	Na
48	16.16	186.17-10.23	10.23	33.99-6.34	81.79	122.14-65.18
72	13.49	49.14-8.83	3.67	6.11-2.41	41.46	49.71-34.69
96	11.84	33.04-7.90	2.23	3.38-1.24	35.63	42.92-29.80

JADUAL 2. Masa kematian median (LT50) bagi *F. sumatrensis* dan *C. fluminea* untuk pendedahan terhadap As, Cr dan Se

Kepekatan As diukur (mg/L)	LT50 (Jam)	95% Aras keyakinan	Kepekatan Cr diukur (mg/L)	LT50 (Jam)	95% Aras keyakinan	Kepekatan Se diukur (mg/L)	LT50 (Jam)	95% Aras keyakinan
<i>F. sumatrensis</i>								
1.295	Na	Na	0.950	Na	Na	11.379	Na	Na
18.478	33.90	39.50-29.10	4.848	91.64	117.16-71.68	21.095	245.90	9614.57-6.29
32.946	11.17	18.06-6.91	10.815	63.31	71.08-56.39	37.011	180.16	435.48-74.53
57.129	8.45	12.90-5.54	33.790	12.67	17.56-9.15	59.016	82.90	302.69-22.70
100.284	Na	Na	66.274	8.74	14.75-5.17	100.736	12.15	25.55-5.78
<i>C. fluminea</i>								
0.973	Na	Na	0.9108	134.20	82.52-218.25	10.895	Na	Na
1.477	Na	Na	1.6805	104.56	71.15-153.65	15.411	Na	Na
2.839	Na	Na	3.1605	91.09	59.16140.24	27.743	136.51	209.49-88.95
4.880	246.84	1103.39-55.22	5.4027	56.69	40.87-84.16	52.627	68.08	86.75-53.42
9.994	116.87	249.48-54.74	10.5674	43.25	30.36-61.61	93.095	40.78	50.20-33.13

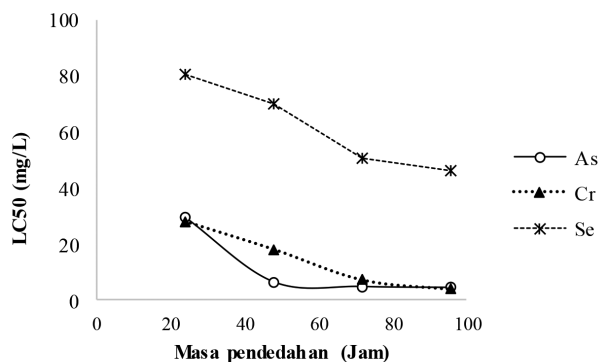
Na: Nilai tidak diperoleh melalui kaedah probit

logam. Keputusan daripada kajian ini memperlihatkan ketoksikan logam As, Cr dan Se semakin meningkat dengan peningkatan kepekatan dan masa pendedahan logam kepada *F. sumatrensis* dan *C. fluminea*. Walau bagaimanapun, kepekatan ambang maut tidak dapat ditentukan kerana lengkung ketoksikan (Rajah 1 & 2) tidak asimtotik kepada paksi masa dalam tempoh ujian. Di bawah pendedahan logam, mortaliti organisma kebanyakannya berlaku pada 48 jam pertama, seperti yang disimpulkan daripada nilai LC50 yang dihasilkan yang secara drastik menurun antara pendedahan 24 dan 48 jam, manakala perbezaan antara nilai 72 dan 96 jam LC50 lebih kecil kerana organisma boleh lebih beradaptasi dengan kepekatan As, Cr dan Se.

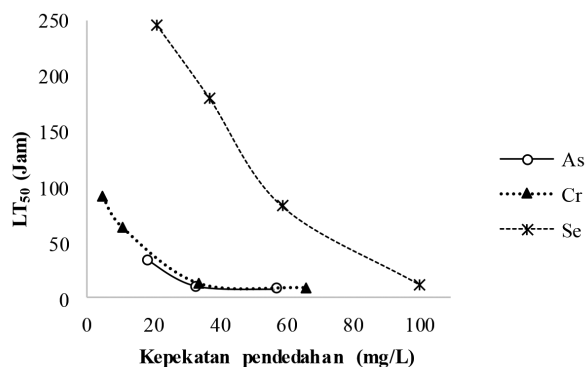
Antara ketiga-tiga jenis logam ini, Cr memperlihatkan ketoksikan paling tinggi terhadap *F. sumatrensis* dan *C. fluminea* dengan nilai LC50 96 jam masing-masing 3.78 mg/L dan 2.23 mg/L. Manakala spesies moluska air tawar dalam kajian ini menunjukkan daya tahan yang lebih tinggi terhadap Se dengan Nilai LC50 96 jam 45.92 mg/L bagi

F. sumatrensis dan 35.63 mg/L bagi *C. fluminea*. Nilai LC50 96 jam pendedahan kepada As pula adalah 4.22 mg/L bagi *F. sumatrensis* dan 11.84 mg/L bagi *C. fluminea*. Urutan ketoksikan logam dalam kajian ini yang diperoleh bagi pendedahan kepada dua spesies moluska air tawar di Malaysia adalah Cr > As > Se.

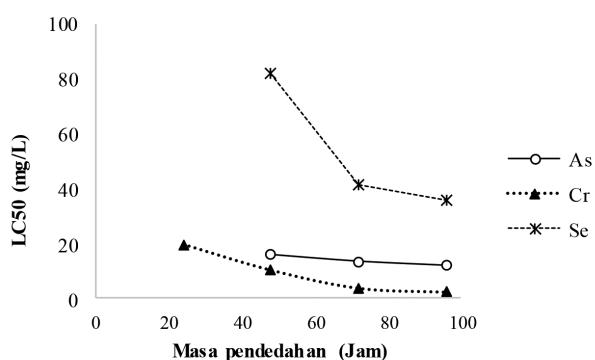
Jadual 3 menunjukkan perbandingan nilai LC50 *F. sumatrensis* dan *C. fluminea* dengan spesies moluska air tawar yang lain terhadap pendedahan kepada As, Cr dan Se. Ujian ketoksikan akut bagi pendedahan terhadap moluska air tawar dalam kajian ini menunjukkan nilai LC50 96 jam 4.22 mg/L spesies *F. sumatrensis* hampir tiga kali ganda lebih sensitif terhadap As berbanding *C. fluminea* iaitu 11.84 mg/L. Manakala dalam kajian ketoksikan yang lain oleh Liao et al. (2008) menggunakan spesies *C. fluminea* menghasilkan nilai LC50 96 jam yang lebih tinggi sebanyak 20.74 mg/L iaitu hampir dua kali ganda lebih rintang terhadap pendedahan As berbanding dengan kajian ini. Perbezaan nilai LC50 96 jam dan kesensitifan adalah ketara walaupun perbandingan antara spesies yang sama



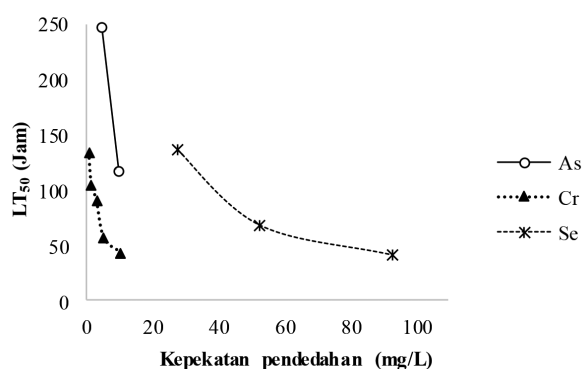
RAJAH 1(a). Graf pengaruh kepekatan kematian median (LC50) dengan masa pendedahan terhadap As, Cr dan Se kepada *F. sumatrensis*



RAJAH 1(b). Graf pengaruh masa kematian median (LT50) dengan masa pendedahan terhadap As, Cr dan Se kepada *F. sumatrensis*



RAJAH 2(a). Graf pengaruh kepekatan kematian median (LC50) dengan masa pendedahan terhadap As, Cr dan Se kepada *C. fluminea*



RAJAH 2(b). Graf pengaruh masa kematian median (LT50) dengan masa pendedahan terhadap As, Cr dan Se kepada *C. fluminea*

dibuat berkemungkinan disebabkan faktor seperti habitat asal *C. fluminea* itu sendiri. Dalam kajian Liao et al. (2008), spesies ini disampel di kolam penternakan manakala bagi kajian ini, persampelan dijalankan di kawasan habitat semula jadi spesies ini iaitu di sebuah sungai kawasan sungai rekreasi. Oleh sebab yang demikian, *C. fluminea* yang disampel di kawasan yang lebih bersih mempunyai tahap sensitiviti terhadap logam berat yang lebih tinggi berbanding di habitat lain. Kajian oleh Holcombe et al. (1983) terhadap spesies *A. hypnorum* pula menghasilkan nilai LC50 96 jam iaitu 24.5 mg/L, tidak jauh berbeza dengan kajian Liao et al. (2008).

Bagi pendedahan kepada Cr pula, *C. fluminea* adalah lebih sensitif berbanding *F. sumatrensis* dalam kajian ini. Perbandingan yang dibuat berdasarkan Jadual 3, *A. imbecilis* pada peringkat juvenil merupakan spesies paling sensitif kepada pendedahan Cr dengan nilai LC50 96 jam yang rendah iaitu 0.039 mg/L (Keller & Zam 1991) manakala *P. heterostrophus* adalah spesies paling rintang dengan nilai LC50 96 jam 17.3 mg/L (Patrick et al. 1968). Keputusan kajian ketoksikan akut yang dibuat terhadap *A. imbecilis* oleh Keller dan Zam (1991) menunjukkan bahawa faktor keliatan air memainkan peranan yang penting dalam mempengaruhi ketoksikan

Cr walaupun pada peringkat hidup dan spesies yang sama digunakan dalam penyelidikannya. Menurut Meyer et al. (1999), peningkatan kepekatan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} turut meningkatkan persaingan bagi mendapatkan perlekatan di tapak reseptor serta mengakibatkan pengurangan jumlah perlekatan logam di tapak reseptor seterusnya mengurangkan ketoksikan sesuatu logam. Julat sensitiviti yang sangat besar diperolehi daripada perbandingan terus nilai LC50 96 jam yang dibuat dalam filum moluska air tawar ini terhadap Cr iaitu 0.039 mg/L hingga 17.3 mg/L.

Antara ketiga-tiga jenis logam yang digunakan dalam kajian ini, *F. sumatrensis* dan *C. fluminea* didapati lebih berdaya tahan terhadap pendedahan kepada Se apabila mempunyai nilai LC50 96 jam masing-masing 45.92 dan 35.63 mg/L iaitu nilai yang lebih besar berbanding logam yang lain. Bagi pendedahan kepada logam yang sama juga, *A. hypnorum* turut menunjukkan kerintangan terhadap logam ini dengan memperoleh nilai LC50 96 jam 53 mg/L (Brooke et al. 1985) manakala *Physa* sp. bersifat lebih sensitif dengan nilai LC50 48 jam melebihi 10 mg/L (Nassos et al. 1980). Data ketoksikan moluska air tawar di Malaysia adalah sangat terhad misalnya kajian ketoksikan akut yang dijalankan oleh Shuhaimi-Othman et al. (2013, 2012) ke atas *M. tuberculata* terhadap logam berat. Oleh

JADUAL 3. Perbandingan nilai LC50 antara *F. sumatrensis* dan *C. fluminea* dengan spesies moluska air tawar yang lain terhadap pendedahan kepada As, Cr dan Se

Logam	Organisma	Peringkat Hidup	Jenis Ujian	Kualiti Air	Masa (jam)	LC50 (mg/L)	Rujukan
As	<i>C. fluminea</i>		S	WH 66.1, pH 7.96, T 24.26	96	20.74	Liao et al. 2008
	<i>A. hypnorum</i>	Dewasa	S	T 25.2, pH 7.4-7.7, WH 49.5, DO 6.9	96	24.5	Holcombe et al. 1983
	<i>C. fluminea</i>	Dewasa	S	pH 6.8, T 27.8, DO 7, WH 29.8	96	11.84	Kajian ini
	<i>F. sumatrensis</i>	Dewasa	S	pH 6.8, T 27.8, DO 7, WH 29.8	96	4.22	Kajian ini
Cr	<i>A. imbecilis</i>	Juvenil		WH rendah (air lembut)	48	0.295	Keller & Zam 1991
	<i>A. imbecilis</i>	Juvenil		WH rendah (air lembut)	96	0.039	Keller & Zam 1991
	<i>A. imbecilis</i>	Juvenil		WH agak tinggi (air keras)	48	1.187	Keller & Zam 1991
	<i>A. imbecilis</i>	Juvenil		WH agak tinggi (air keras)	96	0.618	Keller & Zam 1991
	<i>L. luteola</i> L.			T 32, pH 7.4, A 160, WH 195, DO 6.1	96	3.88	Khargarot & Ray 1988
	<i>L. acuminata</i>			T 30.5, pH 7.5, A 280, WH 375, DO 7.5	96	5.97	Khargarot et al. 1982
	<i>Ammicola</i> sp.	Dewasa		T 17, pH 7.6, DO 6.2, WH 50	96	8.4	Rehwoldt et al. 1973
	<i>Ammicola</i> sp.	Telur		T 17, pH 7.6, DO 6.2, WH 50	96	12.4	Rehwoldt et al. 1973
	<i>H. trivolvis</i>	Juvenil	S	T 20, pH 6.5-8.5	96	32	Ewell 1986
	<i>L. acuminata</i>	(0.40-0.68g)		T 30.5, pH 7.5, WH 375	48	9.69	Khargarot et al. 1982
Se	<i>L. acuminata</i>	(0.40-0.68g)		T 30.5, pH 7.5, WH 375	96	5.97	Khargarot et al. 1982
	<i>P. heterostrophia</i>		S	T20	96	17.3	Patrick et al. 1968
	<i>C. fluminea</i>	Dewasa	S	pH 6.8, T 27.8, DO 7, WH 29.8	96	2.23	Kajian ini
	<i>F. sumatrensis</i>	Dewasa	S	pH 6.8, T 27.8, DO 7, WH 29.8	96	3.78	Kajian ini
	<i>Physa</i> sp.		S		48	> 10	Nassos et al. 1980
	<i>A. hypnorum</i>				96	53	Brooke et al. 1985
	<i>C. fluminea</i>	Dewasa	S	pH 6.8, T 27.8, DO 7, WH 29.8	96	35.63	Kajian ini
	<i>F. sumatrensis</i>	Dewasa	S	pH 6.8, T 27.8, DO 7, WH 29.8	96	45.92	Kajian ini

Petak kosong : Tidak dinyatakan, T: Suhu dalam °C, DO: Oksigen terlarut (mg/L), WH: Keliatan air (mg/L), A: kealkalian (mg/L), S: Statik.

yang demikian, tiada perbandingan yang dapat dibuat terhadap moluska air tawar dengan spesies di Malaysia.

KESIMPULAN

Berdasarkan kepada keputusan kajian, dapat dirumuskan bahawa kedua-dua spesies moluska air tawar *F. sumatrensis* dan *C. fluminea* mempunyai kadar tindak balas dan sensitiviti yang berbeza-beza bergantung kepada pelbagai faktor biotik dan abiotik. Trend ketoksikan logam bagi kedua-dua moluska ini adalah sama iaitu Cr > As > Se. Cr merupakan logam paling toksik berbanding As dan Se. Keputusan mencadangkan bahawa kedua-dua spesies ini berpotensi dicadangkan untuk ujian ketoksikan dan sebagai organisma bioindikator pencemaran logam dalam ekosistem air tawar di Malaysia.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Sains dan Teknologi (MOSTI) di bawah kod FRGS/1/2013/STWN01/UKM/02/1 kerana menaja projek ini dan kepada Pusat Sains Sekitaran dan Sumber Alam, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) untuk bantuan kemudahan yang lain.

RUJUKAN

- Baudrimont, M., Metivaud, J., Maury-Brachet, R., Ribeyre, F. & Boudou, A. 1997. Bioaccumulation and metallothionein response in the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*) after experimental exposure to cadmium and inorganic mercury. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(10): 2096-2105.
- Begum, A., Mustafa, A.I., Amin, M.N., Banu, N. & Chowdhury, T.R. 2013. Accumulation and histopathological effects of arsenic in tissues of shingi fish (Stinging Catfish) *Heteropneustes fossilis* (Bloch, 1794). *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science* 39(2): 221-230.
- Brooke, L.T., Call, D.J., Harting, S.L., Lindberg, C.A., Markee, T.P., McCauley, D.J. & Poirier, S.H. 1985. *Acute Toxicity of Selenium (IV) and Selenium (VI) to Freshwater Organisms*. Center for Lake Superior Environmental Studies, University of Wisconsin-Superior, Superior, WI, USA.
- Buikema Jr., A.L., Niederlehner, B.R. & Cairns Jr, J. 1982. Biological monitoring. Part IV- Toxicity testing. *Water Resources* 16: 239-262.
- El-Shenawy, N.S. 2004. Heavy-metal and microbial depuration of the clam *Ruditapes decussatus* and its effect on bivalve behavior and physiology. *Environ. Toxicol.* 19: 143-153.
- Elliott, P. & zu Ermgassen, P. 2008. The Asian clam (*Corbicula fluminea*) in the River Thames, London, England. *Aquatic Invasions* 3: 54-60.
- Ewell, W.S., Gorsuch, J.W., Kringle, R.O., Robillard, K.A. & Spiegel, R.C. 1986. Simultaneous evaluation of the acute effects of chemicals on seven aquatic species. *Environmental Toxicology and Chemistry* 5(9): 831-840.
- Gärdenfors, U., Westermarck, T., Emanuelsson, U., Mutvei, H. & Waldén, H. 1988. Use of land-snail shells as environmental archives: Preliminary results. *Ambio* 17: 347-349.
- Guo, X. & Feng, C. 2018. Biological toxicity response of Asian clam (*Corbicula fluminea*) to pollutants in surface water and sediment. *Science of the Total Environment* 631: 56-70.
- Graney Jr., R.L., Cherry, D.S. & Cairns Jr., J. 1984. The influence of substrate, pH, diet and temperature upon cadmium accumulation in the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*) in laboratory artificial streams. *Water Research* 18(7): 833-842.
- Holcombe, G.W., Phipps, G.L. & Fiandt, J.T. 1983. Toxicity of selected priority pollutants to various aquatic organisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 7(4): 400-409.
- Huang, H., Wu, J.Y. & Wu, J.H. 2007. Metal monitoring using bivalve shellfish from Zhejiang Coastal water, East China Sea. *Environ. Monit. Assess.* 129: 315-320.
- Hung, T.C., Meng, P.J., Han, B.C., Chuang, A. & Huang, C.C. 2001. Trace metals in different species of mollusca, water and sediment from Taiwan coastal area. *Chemosphere* 44: 833-841.
- Ilarri, M.I., Souza, A.T., Antunes, C., Guilhermino, L. & Sousa, R. 2014. Influence of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) on estuarine epibenthic assemblages. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 143: 12-19.
- Intamat, S., Buasriyot, P., Sriuttha, M., Tengjaroenkul, B., & Neeratanaphan, L. 2017. Bioaccumulation of arsenic in aquatic plants and animals near a municipal landfill. *International Journal of Environmental Studies* 74(2): 303-314.
- JAS. 2016. *Laporan Kualiti Alam Sekeliling Malaysia 2015*. Kementerian Alam Sekitar dan Sumber Alam, Malaysia: Jabatan Alam Sekitar.
- Kadar, E., Salanki, J., Jugdaohsingh, R., Powell, J.J., McCrohan, C.R. & White, K.N. 2001. Avoidance responses to aluminium in the freshwater bivalve *Anodonta cygnea*. *Aquat. Toxicol.* 55: 137-148.
- Keller, A.E. & Zam, S.G. 1991. The acute toxicity of selected metals to the freshwater mussel, *Anodonta imbecilis*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 10(4): 539-546.
- Khangarot, B.S., Mathur, S. & Durve, V.S. 1982. Comparative toxicity of heavy metals and interaction of metals on a freshwater pulmonate snail *Lymnaea acuminata* (Lamarck). *CLEAN-Soil, Air, Water* 10(4): 367-375.
- Khangarot, B.S. & Ray, P.K. 1988. Sensitivity of freshwater pulmonate snails, *Lymnaea luteola* L., to heavy metals. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 41(2): 208-213.
- Köhler, F., Sri-aroon, P. & Simonis, J. 2012. *Filopaludina sumatrensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012: <http://www.iucnredlist.org/details/184851/0>. Diakses pada 10 Ogos 2017.
- Lau, S., Mohamed, M., Yen, A.T.C. & Su'Ut, S. 1998. Accumulation of heavy metals in freshwater molluscs. *Science of the Total Environment* 214(1-3): 113-121.
- Liao, C.M., Jau, S.F., Chen, W.Y., Lin, C.M., Jou, L.J., Liu, C.W., Liao, V.H.C. & Chang, F.J. 2008. Acute toxicity and bioaccumulation of arsenic in freshwater clam *Corbicula fluminea*. *Environmental Toxicology* 23(6): 702-711.
- Litchfield Jr., J.T. 1949. A method for rapid graphic solution of time-per cent effect curves. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 97(4): 399-408.
- Litchfield, J.A. & Wilcoxon, F. 1949. A simplified method of evaluating dose-effect experiments. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 96(2): 99-113.
- Mance, G. 1987. *Pollution Threat of Heavy Metals in Aquatic Environment*. Essex: Elsevier Science Publishers Ltd.

- Mason, M.F. 1991. *Biology of Freshwater Pollution*. Ed. ke-2. New York: Longman Scientific & Technical.
- Meyer, J.S., Santore, R.C., Bobbitt, J.P., DeBrey, L.D., Boese, C.J., Paquin, P.R. & Allen, H.E. 1999. Binding of nickel and copper to fish gills predicts toxicity when water hardness varies, but free-ion activity does not. *Environmental Science & Technology* 33(6): 913-916.
- Nassos, P.A., Coats, J.R., Metcalf, R.L., Brown, D.D. & Hansen, L.G. 1980. Model ecosystem, toxicity, and uptake evaluation of 75 Se-selenite. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 24(1): 752-758.
- Patrick, R., Scheier, A. & Cairns Jr, J. 1968. The relative sensitivity of diatoms, snails, and fish to twenty common constituents of industrial wastes. *The Progressive Fish-Culturist* 30(3): 137-140.
- Prasad, M.N.V., Sajwan, K.S. & Naidu, R. 2006. *Trace Element in the Environment, Biogeochemistry, Biotechnology and Bioremediation*. London: Taylor & Francis Group.
- Rehwoldt, R., Lasko, L., Shaw, C. & Wirhowski, E. 1973. The acute toxicity of some heavy metal ions toward benthic organisms. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 10(5): 291-294.
- Sangeeta Das. 2012. Toxicological effects of arsenic exposure in a freshwater teleost fish, *Channa punctatus*. *African Journal of Biotechnology* 11(19): 4447-4454.
- Shuhaimi-Othman, M., Nadzifah, Y., Nur-Amalina, R. & Umirah, N.S. 2013. Deriving freshwater quality criteria for copper, cadmium, aluminum and manganese for protection of aquatic life in Malaysia. *Chemosphere* 90(11): 2631-2636.
- Shuhaimi-Othman, M., Nur-Amalina, R. & Nadzifah, Y. 2012. Toxicity of metals to a freshwater snail, *Melanoides tuberculata*. *The Scientific World Journal* 2012: 1-10.
- Shrivastava, P., Saxena, A. & Swarup, A. 2003. Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal, (M.P.) India. *Lakes Reserv. Res. Manag.* 8: 1-4. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.2003.00211.x>
- Simard, A., Paquet, A., Jutras, C., Robitaille, Y., Blier, P., Courtois, R. & Martel, A. 2012. North American range extension of the invasive Asian clam in a St. Lawrence River power station thermal plume. *Aquatic Invasions* 7: 81-89.
- Solem, A. 1974. *The Shell Makers, Introducing Mollusks*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Sousa, R., Antunes, C. & Guilhermino, L. 2008. Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Muller 1774) in aquatic ecosystems: An overview. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 44: 85-94.
- Sriuttha, M., Tengjaroenkul, B., Intamat, S., Phoonaploy, U., Thanomsangad, P. & Neeratanaphan, L. 2016. Cadmium, chromium, and lead accumulation in aquatic plants and animals near a municipal landfill. *Human and Ecological Risk Assessment* 23(2): 1-14.
- Tsangaris, C., Papathanasiou, E. & Cotou, E. 2007. Assessment of the impact of heavy metal pollution from a ferro-nickel smelting plant using biomarkers. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 66(2): 232-243.
- Voigt, C.L., da Silva, C.P., Doria, H.B., Ferreira Randi, M.A., de Oliveira Ribeiro, C.A. & de Campos, S.X. 2014. Bioconcentration and bioaccumulation of metal in freshwater Neotropical fish *Geophagus brasiliensis*. *Environmental Science and Pollution Research* 22: 8242-8252.
- Zuykov, M., Pelletier, E. & Harper, D.A. 2013. Bivalve mollusks in metal pollution studies: from bioaccumulation to biomonitoring. *Chemosphere* 93(2): 201-208.

Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan
Malaysia

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: nurulakhmazakaria@yahoo.com

Diserahkan: 30 Mac 2018
Diterima: 11 Julai 2018